



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
THE AMERICAN BRITISH COWDRAY MEDICAL CENTER I.A.P.  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA CRÍTICA "DR. MARIO SHAPIRO"

**"ULTRASONIDO PULMONAR PARA PREDECIR FALLA A LA EXTUBACIÓN  
EN PACIENTES CON VENTILACIÓN MECÁNICA."**

**TESIS DE POSGRADO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO**

PRESENTA

**Dra. Lucia Yunuen Delgado Ayala**

ASESOR DE TESIS: **Dr. Enrique Monares Zepeda**

ASESOR ESTADÍSTICO: **Dr. Armando Torres Gómez**

PROFESORES DEL CURSO:

**Dr. Juvenal Franco Granillo**

**Dra. Janet Aguirre Sánchez**

**Dr. Gilberto Camarena Alejo**

México D.F.

AGOSTO 2014.





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**AUTORIZACIONES:**

---

DR. JUVENAL FRANCO GRANILLO  
Jefe del departamento de Medicina Crítica  
Profesor Titular del Curso de Especialización en Medicina del Enfermo en Estado  
Crítico Centro Médico ABC

---

DR. JOSE HALABE CHEREM  
Jefe de la División de Enseñanza e Investigación Centro Médico ABC  
División de Estudios de Postgrado  
Facultad de Medicina U.N.A.M.

---

DR. ENRIQUE MONARES ZEPEDA  
Médico adscrito del Departamento de Medicina Crítica Centro Médico ABC.  
Asesor de Tesis

---

DR. ARMANDO TORRES GÓMEZ

Médico adscrito del Departamento de Traumatología y Ortopedia Centro Médico ABC.

Maestro en Ciencias Médicas

Profesor de Bioestadística - Posgrado IPN / CMN "20 de Noviembre" ISSSTE

---

DRA. JANET AGUIRRE SÁNCHEZ

Subjefe del departamento de Medicina Crítica

Centro Médico ABC.

---

DR. GILBERTO CAMARENA ALEJO

Jefe del departamento de Medicina Crítica Centro Médico ABC campus Santa Fe.

## ÍNDICE

I.	MARCO TEORICO .....	5
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
III.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	17
IV.	JUSTIFICACIÓN .....	18
V.	HIPOTESIS .....	19
VI.	OBJETIVOS .....	20
VII.	METODOLOGÍA .....	21
VIII.	CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	24
IX.	RECURSOS .....	25
X.	RESULTADOS .....	26
XI.	CONCLUSIONES .....	32
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
XIII.	ANEXOS .....	34

## **AGRADECIMIENTOS:**

A la Gran Energía Creadora del Universo, que nos da aliento de vida y nos muestra el camino a seguir.

A mí madre, quien es fuente de inspiración y admiración, el motor que me motiva a cumplir mis metas.

A mi esposo, por emprender junto conmigo estos años de residencia, darme apoyo incondicional y motivación en los momentos de penumbra.

A mis hermanas, que siempre han creído en mí y con sus pensamientos me impulsan siempre a seguir.

A mis asesores, Dr. Enrique Monares, y Dr. Armando Torres por su constante y paciente seguimiento durante el desarrollo del presente trabajo y la amistad que me han brindado.

Al Dr. Juvenal Franco, por permitirme formar parte de esta gran familia ABC, prepararme y brindarme su apoyo dentro de la Unidad.

A todos mis apreciados maestros y compañeros por sus enseñanzas y no solo las académicas, además de su valiosa amistad y porque en cada guardia y entrega de guardia aportaron conocimiento para completar mi formación.

Por último, pero no menos importante, a los pacientes que me permitieron en estos 3 años de residencia aprender de ellos y de sus patologías y porque sin ellos simplemente no existiríamos.

## **Ultrasonido pulmonar para predecir falla a la extubación en pacientes con Ventilación mecánica.**

### **I. MARCO TEÓRICO:**

#### **Antecedentes**

La ventilación mecánica es ampliamente utilizada en unidades de cuidados intensivos, y en los pacientes que son sometidos a ventilación mecánica invasiva (VMI), hasta un 40% del tiempo de la duración total de la ventilación se gasta en el proceso de destete, o mejor conocido como progresión ventilatoria (1). El proceso de progresión ventilatoria comprende 2 etapas: la retirada progresiva del soporte ventilatorio invasivo y la eliminación del tubo endotraqueal. El tiempo en la primera etapa representa de un 40%-50% del período total de VMI (4).

A pesar de cumplir con todos los criterios de progresión ventilatoria y tener éxito en las pruebas de progresión ventilatoria, el fracaso de la extubación planeada es del 10-20%, de todos los casos, fracasando en la segunda etapa. Los pacientes con falla a la extubación tienen alta mortalidad, oscilando del 25-50%. Aunque esta tasa elevada de mortalidad se puede atribuir también a mayor severidad al momento de la extubación, hay evidencia de que el fracaso de la extubación y/o reintubación puede empeorar directamente el pronóstico de los pacientes, independientemente de la gravedad subyacente (1, 4).

La falla a la extubación nos incrementa la estancia en UCI (Unidad de Cuidados Intensivos), así como hospitalaria, requiere más días de ventilación mecánica, incremento en la morbilidad y la mortalidad en estos pacientes (1).

Hay muchas razones para tratar de lograr que los pacientes estén libres de la VMI tan pronto como sea posible, y a que los efectos secundarios atribuidos a esta incluyen desde alteraciones hemodinámicas, barotrauma, necesidad de sedación, lesión traqueal, neuromonía asociada a ventilación mecánica (NAVIM), mayor incidencia del úlceras por presión GI, sangrado, lesión de la piel y úlceras por decúbito, así como pérdida de masa muscular y debilidad (1).

## FISIOLOGÍA DE ENSAYOS DE RESPIRACIÓN ESPONTÁNEA

La transición inmediata de la ventilación mecánica con presión positiva a la ventilación espontánea puede generar importantes alteraciones cardiopulmonares, basado en el modo seleccionado de destete, particularmente en individuos con disfunción cardíaca preexistente.

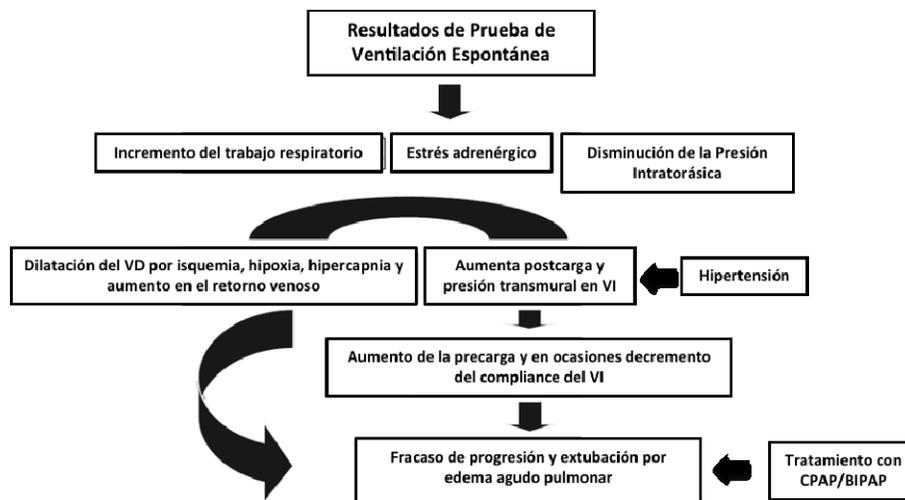
El estudio original de Lemaire y cols. examinaron los efectos hemodinámicos de destete rápido con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y enfermedades cardiovasculares que se recuperaban de una descompensación cardiopulmonar aguda. Ellos mostraron que durante las pruebas de respiración espontánea en pieza T, la mayoría de los pacientes mostraron un marcado aumento en la presión de oclusión de la arteria pulmonar, aumento en el índice de volumen diastólico final de ventrículo izquierdo, y por lo tanto la ventilación mecánica controlada tuvo que ser reanudada (5).

Brower y cols. y otros investigadores concluyeron que durante las pruebas de respiración espontánea, la hiperventilación puede provocar aumento de las resistencias vasculares pulmonares (6), y los pacientes con enfermedades pulmonares tienen más riesgo de hiperinflación y cambios hemodinámicos (7,8). El Dr. Pinsky también demostró que los cambios en el volumen pulmonar alteran el tono autonómico y la resistencia vascular pulmonar (PVR), y los volúmenes pulmonares altos comprimen el corazón. La hiperinflación aumenta RVP y la presión de la arteria pulmonar, lo que impide la fracción de eyección del ventrículo derecho (9,10).

Cualquier cambio en la presión intratorácica (PIT) pueden conducir a cambios en ventrículo izquierdo (VI) postcarga y el retorno venoso (11,12). En 1984, el Dr. Pinsky demostró que los esfuerzos inspiratorios espontáneos, disminuyen la presión intratorácica (PIT). Las disminuciones en PIT se aumentan el retorno venoso y dificultan la yección sanguínea del ventrículo izquierdo al aumentar el volumen de sangre intratorácico.

El descenso diafragmático aumenta la presión intraabdominal, esto causa efectos combinados como disminución de la presión de la aurícula derecha y el aumento de la presión venosa en el abdomen, lo que aumenta considerablemente el gradiente de presión para el retorno venoso sistémico (13).

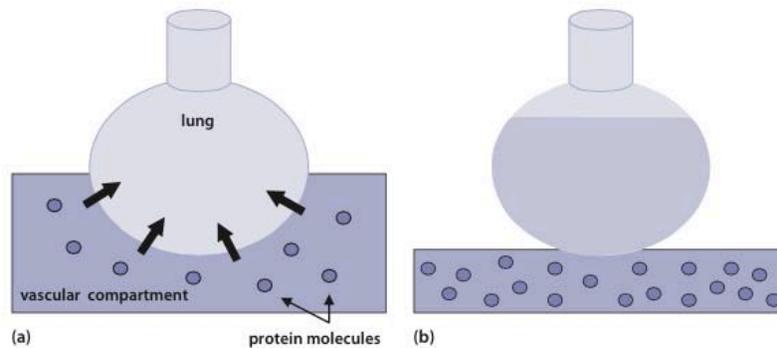
La inspiración espontánea lleva a un aumento en el retorno venoso y la posible descompensación de la insuficiencia cardíaca o edema pulmonar (14, 15).



Numerosos estudios han demostrado aumento en P OAP durante el destete en pacientes que presentaron falla a la extubación. Lemaire y cols. (5) reportaron un incremento promedio de P OAP transmural de 8 a 25 mmHg en el retiro de ventilación sin éxito en 15 pacientes con EPOC y enfermedades cardíacas.

El retiro de ventilación mecánica puede inducir edema pulmonar hidrostático, resultado de presión de llenado de LVI aumentado. El edema pulmonar hidrostático está acompañado por el paso fluido hipo-oncótico desde el lumen de los capilares pulmonares hacia el intersticio (16).

Cuando la cantidad de fluido transferido es lo suficientemente grande, el edema pulmonar hidrostático puede resultar hemoconcentrado que podría ser detectado con cambios en las concentraciones de proteínas plasmáticas, hematócrito o hemoglobina (16)



**Figure 1. Consequences of fluid transfer during hydrostatic pulmonary oedema. (a)** As weaning-induced pulmonary edema is of a hydrostatic nature, its development is characterized by transfer of a hypo-oncotic fluid from the pulmonary capillary lumen toward the interstitial compartment and then the alveoli. Molecules like proteins cannot flow across the lung barrier owing to their high molecular weight. **(b)** After equilibrium is reached, weaning-induced pulmonary edema is thus characterized by a contraction of the vascular compartment and an augmentation in the plasma protein concentration.

## Fisiopatología de la insuficiencia respiratoria durante la progresión ventilatoria y el fracaso de la extubación

La progresión ventilatoria depende de la fuerza de los músculos respiratorios, la carga aplicada, y el impulso respiratorio para respirar. La etiología del éxito o fracaso para la extubación depende del desequilibrio entre los músculos respiratorios y la carga aplicada a estos (1).

Esto podría ocurrir secundario a resolución inadecuada del problema inicial que llevó al paciente a requerir VMI, aumento de un problema nuevo, una complicación asociada a la ventilación, o una combinación de estos factores (1).

La relación entre la carga y la fuerza muscular respiratoria deben mantenerse en equilibrio, si la carga es demasiado pesada, o la fuerza muscular es demasiado débil, la contracción muscular no se puede mantener, y de forma aguda, los músculos fallan, proceso conocido como fatiga muscular. Antes se creía que para que existiera falla a la extubación se debía principalmente a altos niveles de carga en relación con la fuerza de los músculos respiratorios, ahora sabemos que puede haber también falla cardíaca (1).

Otra causa de fracaso de la extubación es la pérdida de presión positiva en el tórax al momento de la extubación en pacientes obesos con ventilación con presión soporte (PSV). La transición de la ventilación con presión positiva intratorácica a la ventilación de presión negativa se produce después de la extracción del tubo endotraqueal. Esto puede causar insuficiencia cardíaca izquierda, porque la ventilación con presión positiva actúa reduciendo la poscarga en el ventrículo izquierdo (VI), fenómeno no es visto en pacientes con el uso de pieza en T para la progresión (1).

Alrededor del 70% al 80% de los pacientes que requieren de VMI por insuficiencia respiratoria serán extubados después de un ensayo de prueba de respiración espontánea. Sin embargo, 20% a 30% de estos pacientes no toleran los intentos iniciales para respirar sin la ayuda del ventilador, especialmente aquellos que requirieron VMI durante más de 24 horas (1).

Hay factores que afectarán la capacidad de oferta y demanda en el sistema respiratorio en pacientes bajo VMI, como la inestabilidad hemodinámica, trastornos ácido-base, alteraciones electrolíticas (hipocalcemia, hipomagnesemia, hipocalcemia e hipofosfatemia), sobrecarga de volumen, estado mental alterado, y disminución de la función de los músculos respiratorios. Para mejorar las posibilidades de

progresión ventilatoria, todos deben abordarse y corregirse. En lo que respecta a la estabilidad hemodinámica, el paciente no debe tener ninguna evidencia de isquemia miocárdica, o arritmias recientes que condicionen disminución del gasto cardíaco o que tenga necesidad de vasopresores (1).

La sobrecarga de volumen se produce con frecuencia durante la reanimación del paciente grave, provocada por infecciones graves, pancreatitis, cirugía mayor, u otras cuestiones. Este volumen extra dará lugar a disminución de la capacidad residual funcional de los pulmones y al colapso alveolar. Esto se asocia con desajuste de la ventilación / perfusión, requiriendo un aumento en la presión positiva espiratoria final (PEEP) para mantener abiertos los alvéolos y mantener una buena oxigenación (1).

La alteración del estado mental en la UCI es multifactorial, las causas incluyen dolor, ansiedad, delirio y procesos tóxicos o metabólicos (1).

La fatiga de los pacientes sometidos a progresión ventilatoria es un factor importante en el fracaso. Varios estudios mostraron por electromiograma (EMG) el diagnóstico de que la fatiga diafragmática se produce en el primer día en todos los pacientes bajo VMI, y los que se recuperaron fueron extubados con éxito y los que continuaron mostrando fatiga necesitaron reintubación (1).

La desnutrición causa reducción de la masa muscular, de la resistencia y de la fuerza muscular. También provoca disminución de la inmunidad, predisponiendo al paciente a infecciones posteriores. Una adecuada nutrición en pacientes críticamente enfermos mostró mejoría en las fuerzas respiratorias y facilitó la progresión ventilatoria (1).

## **Criterios de progresión e índices fisiológicos.**

La dificultad en la integración de todos los parámetros fisiológicos que intervienen en el destete de MV ha impulsado una serie de investigaciones para encontrar los parámetros de progresión para determinar la preparación para extubar. Los criterios convencionales para la progresión ventilatoria son relativamente fáciles de usar, pero su sensibilidad y especificidad son relativamente pobres. Estos criterios incluyen el volumen tidal (VT), la ventilación minuto (Vm), capacidad vital (CV), la ventilación voluntaria máxima (VVM), la frecuencia respiratoria, la presión inspiratoria máxima (NIF), así como los índices de integración. La CV es el mayor volumen de gas que un paciente es capaz de exhalar en la toma de una inspiración máxima de volumen residual (1, 2).

El VT es que el volumen de gas que se mueve durante un ciclo respiratorio normal. Los valores de umbral para estos dos parámetros predictivos de destete siguen siendo controvertido, pero están en el orden de 5 a 8 ml / kg para VT y de 10 a 15 ml / kg para CV. La medición de la CV es relativamente difícil, porque depende de la cooperación del paciente. Dada la gran variabilidad en la VC, no es de extrañar que algunos estudios han demostrado que la CV no suelen predecir resultados con un alto grado de precisión (1, 2).

Utilizando un punto de corte VT de 4 ml / kg, el valor predictivo positivo fue de 0,67, y el valor predictivo negativo fue de 0,85. Ventilación voluntaria máxima (VVM) es el volumen de aire que puede ser exhalado con el máximo esfuerzo durante 1 minuto. Los valores normales para VVM gama de 50 a 200 l/min. En un reposo, adulto sano, MV es de aproximadamente 6 l / min. La relación entre el reposo y Vm VVM indica la proporción de la capacidad ventilatoria requerida del paciente para mantener un cierto nivel de  $P_{aCO_2}$  y también indica la reserva disponible para nuevas demandas respiratorias (1, 2)).

La combinación de un  $V_m < 10 \text{ L / min}$  y la capacidad de duplicar este valor durante una maniobra de VVM se asoció con la capacidad de éxito en la progresión ventilatoria. Ambas pruebas, sin embargo, están asociadas con tasas de falsos positivos y negativos significativos. Además, el VVM puede ser difícil de obtener en los pacientes críticamente enfermos, ya que pueden ser incapaces de cooperar.

La medición de la fuerza muscular es una evaluación de la función de los músculos respiratorios, esta puede ser medida a la cabecera del paciente mediante el registro de la presión inspiratoria máxima (NIF) por medio de un manómetro aneroide. La presión inspiratoria estática máxima para los hombres y mujeres jóvenes son aproximadamente  $-120 \text{ cm H}_2\text{O}$  y  $-90 \text{ cm H}_2\text{O}$ , respectivamente. Los esfuerzos inspiratorios máximos pueden realizarse fácilmente en pacientes intubados que no cooperan mediante el uso de una válvula de una vía conectada al manómetro, que permite al paciente exhalar libremente pero obliga al paciente a inhalar contra el manómetro. Una NIF menos de  $-30 \text{ cm H}_2\text{O}$  se asocia con éxito a la extubación, pero un NIF mayor que  $-20 \text{ cm H}_2\text{O}$  se asocia con la incapacidad para mantener la respiración espontánea (1, 3).

Otros criterios predictivos de progresión ventilatoria se han descrito, estos incluyen la medición de la presión transdiafragmática, la presión de oclusión de las vías respiratorias, el pH intraluminal gástrico (pHi), y varios índices de integración.

Un índice descrito en 1991 por Yang y Tobin, conocido como ventilación rápida superficial (VRS) es un indicador preciso para la progresión ventilatoria, este se realiza utilizando el  $V_t$  y la frecuencia respiratoria del paciente. Utilizando un umbral menor a 105, la frecuencia (f)/ $V_T$  tienen un valor predictivo positivo de 0,78 y un valor predictivo negativo de 0,95 (3). El valor predictivo de este índice puede ser menor si se mide mientras el paciente está en el ventilador, ya sea con presión positiva continua de aire (CPAP) o presión soporte.

**El índice de IWY:** utiliza tres parámetros esenciales, de medición fácil que son independientes de la cooperación del paciente. El IWY evaluó, en una sola ecuación, la mecánica respiratoria, la oxigenación y el patrón respiratorio, a través de la Distensibilidad, SaO<sub>2</sub> y la relación f/Vt respectivamente.

$$IWY = C_{st,rs} \cdot SaO_2 / (f / Vt)$$

La distensibilidad está asociada con tiempo más corto de progresión ventilatoria cuando está mayor 20 ml/cmH<sub>2</sub>O; y SaO<sub>2</sub> ha demostrado ser útil para evaluar la disposición para el destete o para indicar el fracaso de la progresión en varios estudios y revisiones. Multiplicando la distensibilidad respiratoria por la SaO<sub>2</sub>, podemos detectar aquellos pacientes que pueden o no mantener una adecuada oxigenación, a pesar de la buena o mala mecánica respiratoria. Dividiendo este producto por la relación f/Vt, podemos detectar a los pacientes que pueden o no mantener la respiración sin ayuda. La distensibilidad y la SaO<sub>2</sub> son generalmente directamente proporcionales e inversamente proporcional a la relación f/Vt.

Nemer y colaboradores, evaluaron los diferentes índices en 331 pacientes, aplicando curva de ROC para cada índice y teorema de Bayes para predecir la probabilidad de progresión de cada índice, siendo el índice de IWY el más preciso, con valor predictivo positivo.

### **Modos diferentes de progresión ventilatoria.**

La progresión ventilatoria se debe considerar lo antes posible, inicialmente se deben dividir a los pacientes en tres categorías de acuerdo a la dificultad en la progresión en (simple, difícil y prolongado), una prueba de respiración espontánea (SBT) es la prueba de diagnóstico para determinar si los pacientes pueden ser extubados con éxito. La prueba inicial debe durar 30 minutos y una de las formas es con el tubo traqueal (pieza T) o con bajos niveles de presión soporte (17).

El procedimiento de retiro de ventilación o destete se inicia sólo después que el proceso de la enfermedad subyacente que requirió ventilación mecánica ha mejorado significativamente o está resuelta. El paciente también debe tener intercambio gaseoso adecuado (la mayoría de los estudios definen esta condición como una relación de la presión arterial de oxígeno/ fracción inspirada de oxígeno superior a 150), estado neurológico y muscular adecuado, y función cardiovascular estable.

Existen muchos métodos de progresión ventilatoria, para ir retirando gradualmente el apoyo del ventilador del paciente, este tema sigue siendo controversial, ya que también la población a progresar es muchas veces heterogénea.

Las técnicas comúnmente utilizadas son la pieza T, VPS (ventilación con presión soporte), otros ventiladores nos proporcionan VAP (ventilación a sistólica proporcional), TC (compensación de tubo); por desgracia, el modo óptimo de VMI utilizada durante la progresión sigue siendo controversial; en general se acepta que SIMV prolonga la duración de la VM. Ensayos diarios con pieza T han sido superiores al modo SIMV en la progresión, y por lo menos equivalente a VPS. Más de una prueba al día con pieza T no ha demostrado ser superiores a una sola prueba diaria. No existen estudios que comparen TC con pieza T.

Pocos estudios aleatorios (18,19) han evaluado la mejor técnica para la realización de ensayos de respiración espontánea antes de la extubación.

La Presión soporte es útil para contrarrestar el trabajo sobre impuesto por respirar a través de un tubo endotraqueal. En general, el nivel de soporte de presión necesaria para disminuir el trabajo respiratorio para la extubación es de 7 a 8 cm de H<sub>2</sub>O (20). Debido a que el tubo endotraqueal impone una resistencia en los músculos respiratorios que es inversamente proporcional a su diámetro

transversal, algunos médicos a bogan por el uso de la presión de soporte 5-8 cmH<sub>2</sub>O para compensar esta carga impuesta.

Por otro lado, la reducción del trabajo respiratorio proporcionada por la presión soporte podría conducir a la extubación de pacientes que son sólo marginalmente capaces de sostener la respiración espontánea (21).

### **Comparación de pieza T con PS / CPAP**

Múltiples estudios han sido realizados hasta la actualidad, no encontrando diferencias significativas o cambios hemodinámicos, gasométricos al momento de la transición a pieza T o PS/CPAP. Sin embargo se ha comprobado que en los grupos de pacientes en pieza en T presentaban mayor falla a la extubación con el grupo de PS/CPAP. ( $P < 0.001$ ). (22)

Con esto en mente, el estudio realizado por Spanish Lung Failure Collaborative Group [3] compararon el retiro de la ventilación, ya sea con tubo en T o presión soporte de 7 cm de H<sub>2</sub>O, no se observó diferencia en el porcentaje de pacientes que permanecieron extubados durante 48 h (63% en el grupo asignado a pieza T y el 70% en el grupo asignado a presión soporte;  $P = 0,14$ ).

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Estudios previos han informado sobre la importancia de la predicción de progresión ventilatoria exitosa con muchas variables de predictores para la progresión ventilatoria, siendo estas desde evaluaciones simples y subjetivas hasta mediciones más complejas.

Sin embargo, otros estudios recientes nos indican que a pesar de estos índices y del escrutinio de los pacientes, no existe un índice para predecir la falla a la extubación.

En general, los parámetros de retiro de ventilación mecánicos son pobres para predecir el éxito del destete, ya que no tienen en cuenta las reservas cardíacas.

### **III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

El ultrasonido pulmonar es útil para predecir falla a la extubación en pacientes con ventilación mecánica invasiva.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN:**

Ningún índice ha demostrado ser ideal y altamente predictivo de progresión ventilatoria. El ultrasonido pulmonar como método complementario de diagnóstico no invasivo nos permite valorar el incremento de patrón pulmonar de líneas B que traduce mayor líquido pulmonar.

## **V. HIPOTESIS**

### **HIPOTESIS NULA**

El ultrasonido pulmonar no es útil para evaluar falla a la extubación en pacientes bajo ventilación mecánica.

### **HIPÓTESIS ALTERNA:**

Es útil ultrasonido pulmonar para evaluar falla a la extubación en pacientes bajo ventilación mecánica.

## VI. OBJETIVOS

- **General:**

Evaluar la utilidad del ultrasonido pulmonar para predecir falla a la extubación en pacientes con ventilación mecánica invasiva.

- **Específicos:**

Comparar la utilidad del ultrasonido pulmonar para valorar la extubación exitosa con otros índices de extubación.

Analizar la utilidad de cada índice en comparación con el ultrasonido pulmonar.

## **VII. METODOLOGÍA**

### **Universo de trabajo**

- Pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos del Centro Médico ABC, campus Observatorio, bajo ventilación mecánica invasiva, de cualquier etiología, médica o quirúrgica.

### **Tamaño de la muestra:**

- Se estudiaron 79 pacientes.

### **Criterios de Inclusión:**

- Edad mayor o igual a 18 años
- Ventilación mecánica invasiva igual o mayor a 24 horas.

### **Criterios de Exclusión:**

- Ventilación mecánica menor a 24 horas

### **Criterios de no inclusión**

- Denegación del Consentimiento Informado para participar en el estudio
- Defunción del paciente durante el desarrollo del estudio

### **Tipo de estudio.**

- Estudio prospectivo, longitudinal y observacional

## Descripción de técnicas y procedimientos

- Se procedió a colocar al paciente en pieza T simulada con el ventilador, con PS: 7 cmH<sub>2</sub>O, CPAP: 0, con FiO<sub>2</sub> 40% por 30 minutos.
- Se realizaron las siguientes mediciones al primer minuto y a los 30 minutos:
- NIF, pO<sub>1</sub>, VRS, CV, SaO<sub>2</sub>, FR, VT, Compliance dinamina (Comp Dyn).
- Se realizó el trasonido pulmonar dividiendo al paciente en 4 cuadrantes anteriores y 2 cuadrantes posteriores, en cada hemitórax.
- Se llenó la Hoja de Datos (Anexo B) y los resultados se registraron en la misma hoja de datos.
- El ultrasonido fue realizado por 2 residentes de terapia intensiva, quienes cuentan con aval de curso WINFOCUS.

### Protocolo de destete:

Previamente se retira sedación del paciente para asegurar un estado neurológico adecuado, se corrobora que la causa por la que se decidió intubar esté resuelta, que obedezcan ordenes sencillas, que tenga adecuado reflejo tusígeno, los candidatos a dicho protocolo son los pacientes que tienen adecuada oxigenación (PaO<sub>2</sub> >60 mmHg con FIO<sub>2</sub> 0.5% y PEEP igual o menor a 8 cm H<sub>2</sub>O).

## Descripción de variables

### I. Variables independientes:

#### ○ Ultrasonido pulmonar

*Definición conceptual:*

*Definición operativa:*

*Tipo de variable:*

*Unidad de la variable:*

- **Patrón A pulmonar**

*Definición conceptual:*

*Definición operativa:*

*Tipo de variable:*

*Unidad de la variable:*

- **Patrón B pulmonar**

*Definición conceptual:*

*Definición operativa:*

*Tipo de Variable:* Escalar

*Unidad de la variable:*

- **Patrón AB pulmonar**

*Definición conceptual:*

*Definición operativa:*

*Tipo de variable:*

*Unidad de la variable:*

## **II. Variable dependiente:**

- **Criterio de progresión ventilatoria**

*Definición conceptual:*

*Definición operativa:*

*Tipo de variable:* Nominal dicotómica

*Unidad de variable:*

## VIII. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se estudiarán los pacientes que ingresen a las Unidades de Cuidados Intensivos del Centro Médico ABC, de los campus Observatorio y Santa Fe. Se dará seguimiento a cada paciente recabando sus datos personales. Una vez firmado el Consentimiento Informado, se tomarán las muestras basales al ingreso a la UCI y conforme el protocolo es establecido, de realizarse el diagnóstico de IRA u otro padecimiento detectado, se informará a la brevedad al médico tratante a fin de que instaure las medidas convenientes.

El presente protocolo de investigación, el Consentimiento Informado (**Anexo A**) y la Hoja de Datos se someterá al Comité de Ética de la Asociación Médica del Centro Médico ABC para su revisión y aprobación.

La propuesta y ejecución de éste protocolo de investigación, no viola la Ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos en materia de investigación en salud ni las normas operativas y éticas del Centro Médico ABC, tampoco se viola ninguno de los principios básicos para la investigación en seres humanos, establecidos por la declaración de la Asamblea Mundial del Tratado de Helsinki, Finlandia, ni sus revisiones de Tokio, Hong-Kong, Venecia y Edimburgo.

## **IX. RECURSOS:**

- **Humanos**

Asesor: Dr. Enrique Monares Zepeda

*Médico Adscrito de la Unidad de Medicina Crítica, Centro Médico ABC*

Asesor estadístico: Dr. Armando Torres

Médico adscrito del Departamento de Traumatología y Ortopedia Centro Médico ABC.  
Maestro en Ciencias Médicas y Profesor de Bioestadística.

Residente: Dra. Lucia Yunuen Delgado Ayala

*Residente de año de Medicina crítica, Centro Médico ABC.*

- **Materiales:**

a) Didácticos:

*Papelería*

*Equipo de cómputo y programa estadístico SPSS (statistical package for the social sciences)*

b) Técnicos:

➤ *Ventilador Puritan Bennett*

➤ *Ultrasonido portátil de la unidad, con transductor de 15 Htz.*

- **Financieros:**

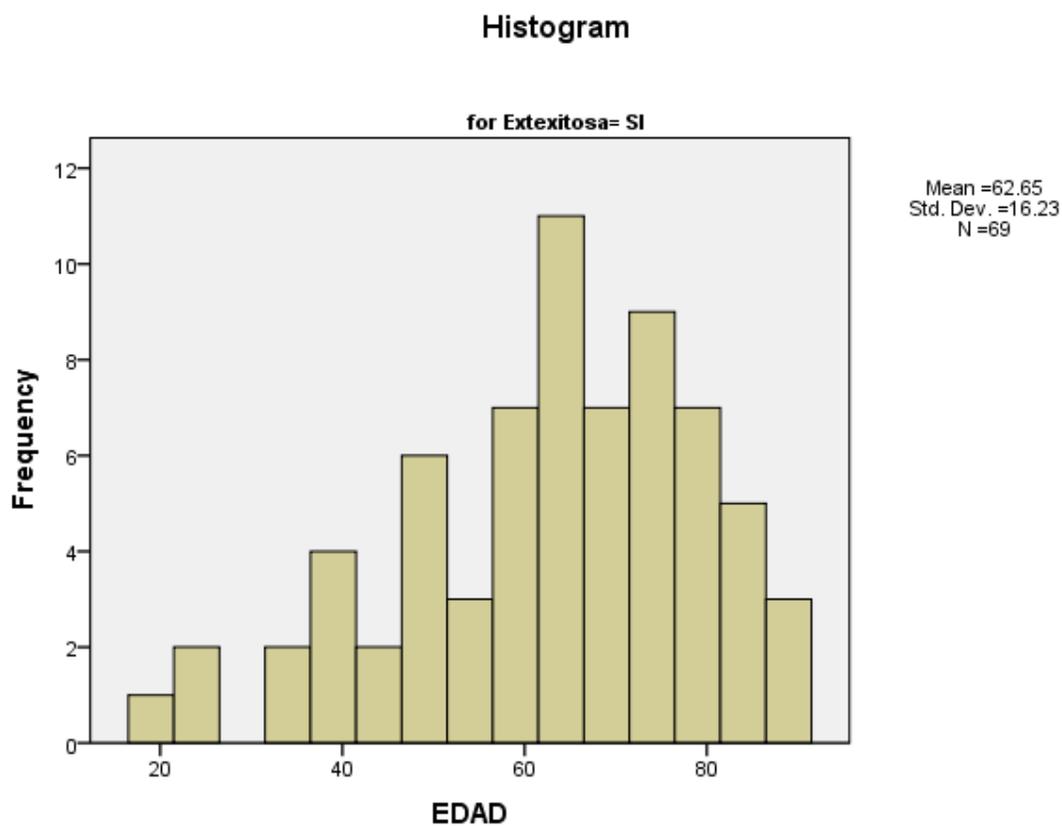
- No se recibió recursos financieros para la realización de este estudio.

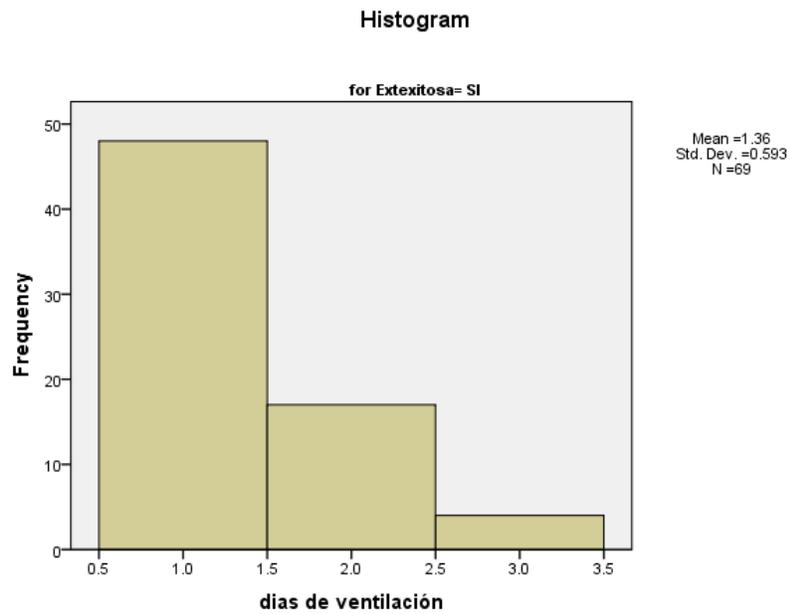
## X. RESULTADOS.

Se analizaron 79 pacientes, dividiéndose en dos grupos; aquellos con extubación exitosa y los que presentaron falla a la extubación (Extubación no exitosa).

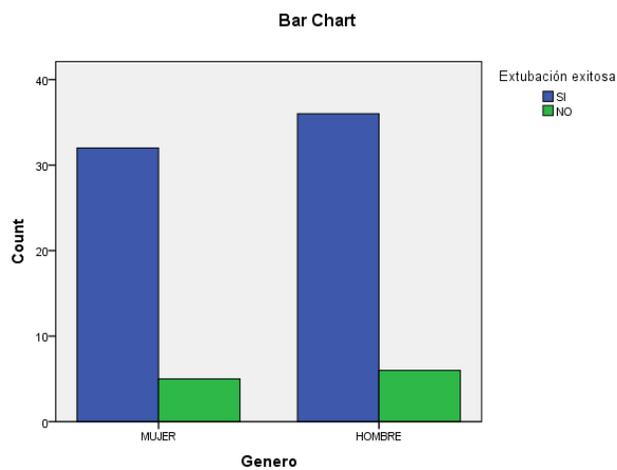
De los que presentaron **extubación exitosa** (N=68), 32 fueron mujeres, 36 fueron hombres tuvieron una edad media de 62 años, mediana de 65 años, con una desviación estándar +/- 16 años, con una mínima de 19 años y una máxima de 88 años. Dentro de las características, tuvieron una escala de Charlson con media de 5 puntos, mediana de 5.2, con una desviación estándar +/- 3 (0-17); SOFA de ingreso de 7 puntos con mediana de 6 puntos, desviación estándar de 3.5 (0-16).

Los días de ventilación mecánica con una media de 1.5 días, mediana de 2 días, con una desviación estándar 0.5 (1-3).

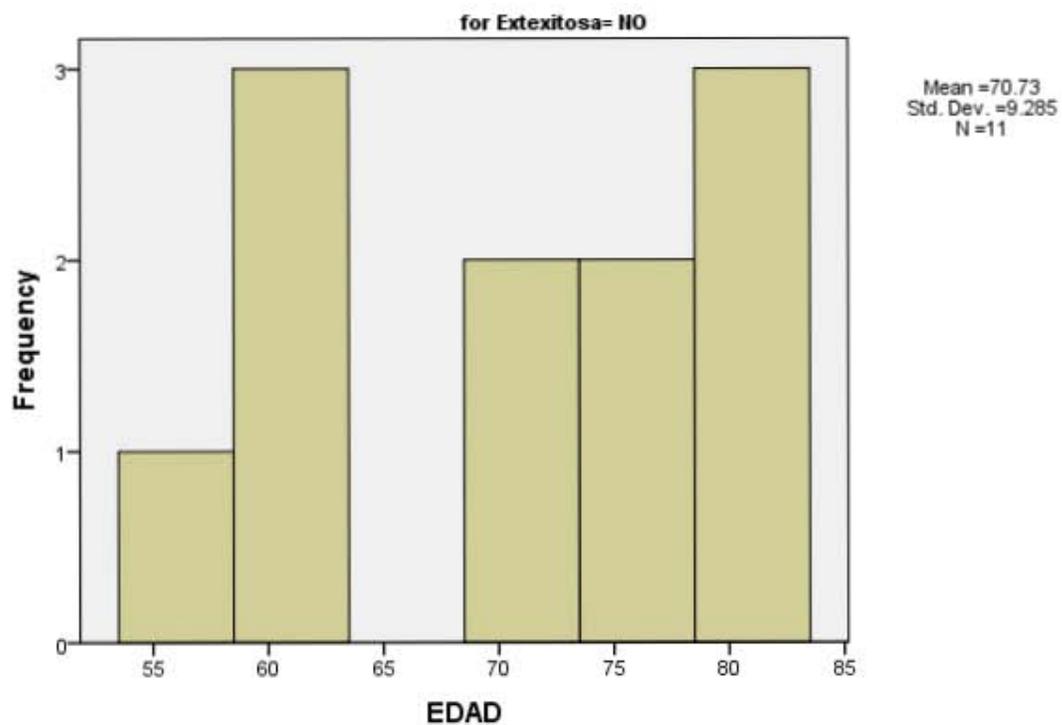




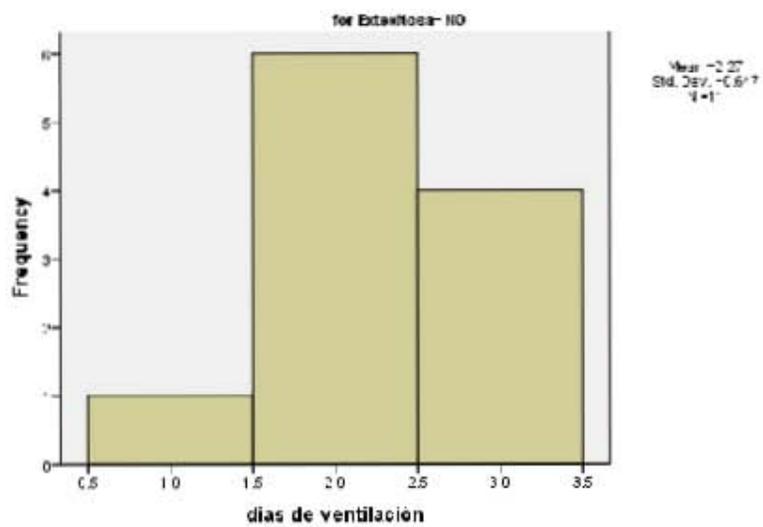
En el grupo de **extubación no exitosa** (N= 11), 6 fueron hombres, con una edad media de 70 años , mediana de 73 años , con una desviación estándar +/- 9 años , con una mínima de 56 años y una máxima de 83 años. Dentro de las características, tuvieron una escala de Charlson con media de 6.5 puntos, mediana de 6, con una desviación estándar +/- 2.5 (3-10); SOFA de ingreso de 10 puntos con mediana de 10 puntos, desviación estándar de 4 (6-19).



### Histogram



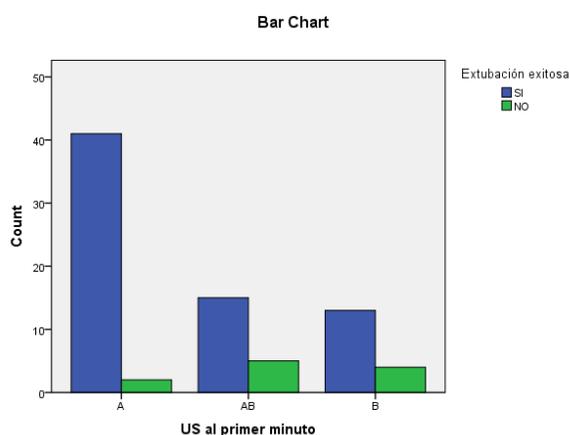
### Histogram



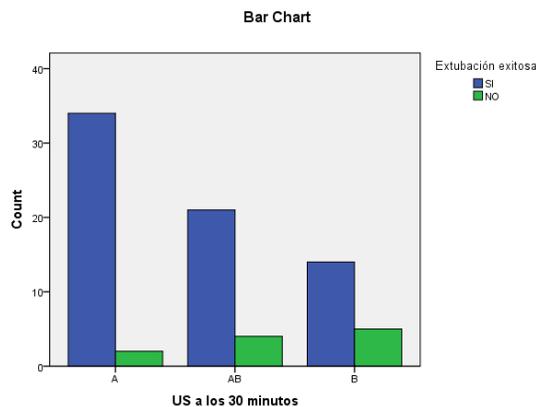
No hubo diferencia en los grupos de acuerdo a la edad y escala de Charlson entre los dos grupos con una  $p=0.08$  y  $p=0.13$  respectivamente.

La diferencia entre el patrón A y el patrón B pulmonar fue de  $p= 0.03$  y la diferencia entre el patrón B y el patrón AB  $P=0.03$ .

En el grupo de éxito a la extubación con con el US pulmonar al primer minuto, la curva ROC para predecir éxito a la extubación al primer minuto tiene un área 0.80 con una  $p=0.03$ , con IC 0.14-0.45.

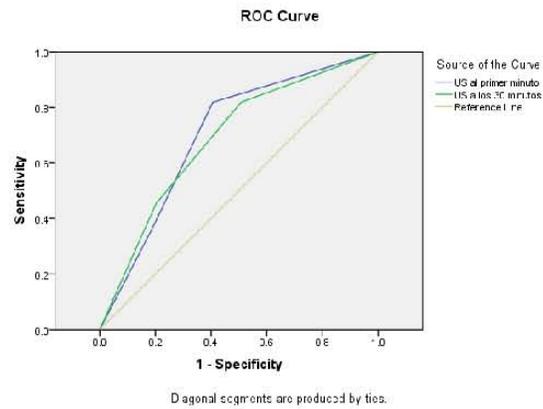
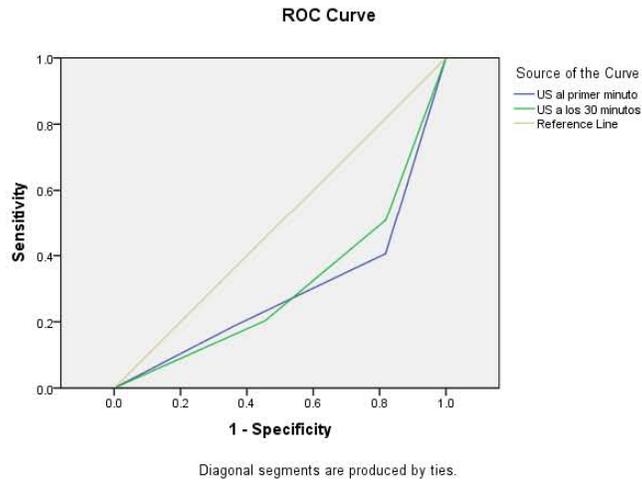


El ultrasonido a los 30 minutos tiene un área ROC de 0.68 con  $p=0.046$  con IC 0.048-0.04.

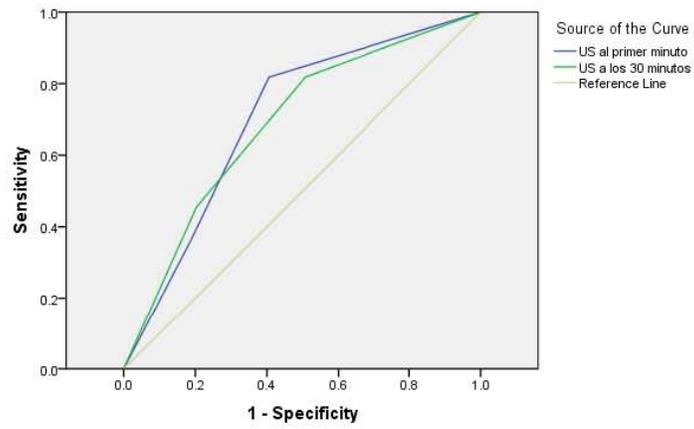


El ultrasonido con líneas A vs patrón AB ó B al primer minuto tiene un área bajo la curva de 0.70 con una  $p=0.03$  y un IC 95% de 0.55-0.86.

El ultrasonido con líneas A vs patrón AB ó B a los 30 minutos tiene un área bajo la curva de 0.70 con una  $p=0.03$  y un IC 95% de 0.55-0.86.

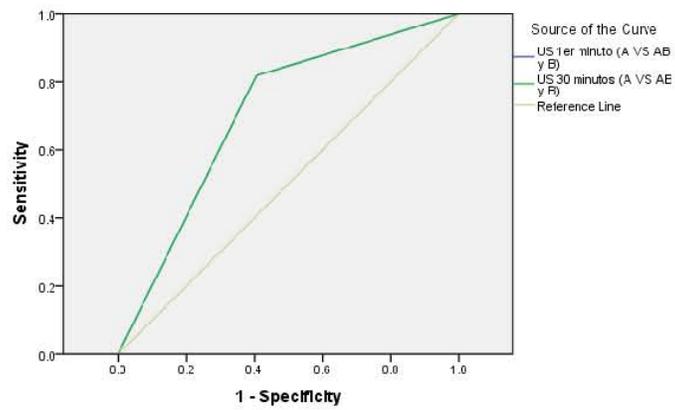


ROC Curve



Diagonal segments are produced by ties.

ROC Curve



Diagonal segments are produced by ties.

## **XI. CONCLUSIONES**

Con estos resultados podemos concluir que ningún índice fue útil para valorar falla a la extubación, sin embargo, proponemos adicionar a estos la valoración de la escala de SOFA, así como los días de ventilación al momento de la extubación, para predecir falla a esta.

Solo realizar ultrasonido pulmonar al primer minuto, ya que las curvas ROCV no mostraron diferencia significativa para predecir éxito a la extubación, pudiéndonos ahorrar tiempo para la realización de la medición.

Es necesario comprender la respuesta cardiovascular a la progresión ventilatoria y poder utilizar las herramientas disponibles como el ultrasonido pulmonar para ayudar al paciente y predecir éxito a la hora de extubación.

## **XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Nizar Eskandar et al, "Weaning from Mechanical Ventilation", Crit Care Clin 23 (2007) 263–274.
2. Yang KL. Reproducibility of weaning parameters. A need for standardization. Chest 1992; 102:1829–32.
3. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. N Engl J Med 1991;324:1445–50.
4. Augusto Savi et al, "Weaning predictors do not predict extubation failure in simple-to-wean patients", Journal of Critical Care (2012) 27, 221.e1–221.
5. F. Lemaire, J. L. Teboul, L. Cinotti et al., "Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation," Anesthesiology, vol. 69, no. 2, pp. 171–179, 1988.
6. R. G. Brower, J. Gottlieb, and R. A. Wise, "Locus of hypoxic vasoconstriction in isolated ferret lungs," Journal of Applied Physiology, vol. 63, no. 1, pp. 58–65, 1987.
7. N. A. Bergman, "Properties of passive exhalations in anesthetized subjects," Anesthesiology, vol. 30, no. 4, pp. 378–387, 1969.
8. C. M. Conway, "Haemodynamic effects of pulmonary ventilation" British Journal of Anaesthesia, vol. 47, no. 7, pp. 761–766, 1975.
9. M.R.Pinsky, "Instantaneous venous return curves in intact canine preparation," Journal of Applied Physiology, vol. 56, no. 3, pp. 765–771, 1984.

10. M. R. Pinsky, "Cardiovascular issues in respiratory care" *Chest*, vol. 128, no. 5, supplement 2, pp. 592S–597S, 2005.
11. A. J. Buda, M. R. Pinsky, and N. B. Ingels, "Effect of intrathoracic pressure on left ventricular performance," *The New England Journal of Medicine*, vol. 301, no. 9, pp. 453–459, 1979.
12. B. Lamia, J. Maizel, A. O chagavia et al., "Echocardiographic diagnosis of pulmonary artery occlusion pressure elevation during weaning from mechanical ventilation," *Critical Care Medicine*, vol. 37, no. 5, pp. 1696–1701, 2009.
13. M. R. Pinsky, "Determinants of pulmonary arterial flow variation during respiration" *Journal of Applied Physiology*, vol. 56, no. 5, pp. 1237–1245, 1984.
14. J. Yu, J. F. Zhang, A. M. Roberts, L. C. Collins, and E. C. Fletcher, "Pulmonary rapidly adapting receptor stimulation does not increase airway resistance in anesthetized rabbits," *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 160, no. 3, pp. 906–912, 1999.
15. C. E. Oswald, G. A. Gates, and F. M. G. Holmstrom, "Pulmonary edema as a complication of acute airway obstruction," *Journal of the American Medical Association*, vol. 238, no. 17, pp. 1833–1835, 1977.
16. Figueras J, Weil M H: Increases in plasma oncotic pressure during acute cardiogenic pulmonary edema. *Circulation* 1977, 55:195–199.
17. M. Boles, J. Bion, A. Connors et al., "Weaning from mechanical ventilation," *European Respiratory Journal*, vol. 29, no. 5, pp. 1033–1056, 2007.

18. Esteban A, Alía I, Gordo F, et al: Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997, 156:459–465.
19. Jones DP, Byrne P, Morgan C, Fraser I, Hyland R: Positive end-expiratory pressure vs T-piece. Extubation after mechanical ventilation. *Chest* 1991, 100:1655–1659.
20. L. Zapata, P. Vera, A. Roglan, I. Gich, J. Ordonez-Llanos, and A. J. Betbese', "B-type natriuretic peptides for prediction and diagnosis of weaning failure from cardiac origin," *Intensive Care Medicine*, vol. 37, no. 3, pp. 477–485, 2011.
21. Esteban A, Alía I, Gordo F, et al: Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997, 156:459–465.

	<p><u>THE AMERICAN BRITISH COWDRAY MEDICAL CENTER, I.A.P.</u></p> <p>Sur 136 No. 116 Col. Las Américas Delegación Álvaro Obregón 01120 México D.F. Teléfono 5230 8000</p> <p><b>CONSENTIMIENTO INFORMADO</b></p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Por medio de la presente, yo \_\_\_\_\_ acepto de manera voluntaria participar como paciente en el protocolo de investigación titulado **“NGAL urinario (Lipocalina Asociada a Gelatinasa de Neutrófilos), predice insuficiencia renal aguda en pacientes con sepsis.** El objetivo del estudio es la medición de niveles de sustancias presentes en la sangre y orina de pacientes con sepsis internados en la Unidad de Cuidados Intensivos para tratar de identificar marcadores tempranos que nos permitan diagnosticar insuficiencia renal aguda.

Debido a que se trata de un protocolo de investigación que se realiza en muestras de laboratorio obtenidas durante el curso de la atención médica habitual, no se contempla la necesidad de proporcionar ningún tratamiento médico adicional. No se recompensará económicamente a los pacientes que participen en éste estudio. Todos los gastos derivados del protocolo serán cubiertos por la institución.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en otorgar información para la historia clínica, aceptar la medición de signos vitales así como la toma de muestras durante el internamiento. El protocolo no involucra la administración de ninguna sustancia ni de ninguna intervención médica adicional a la toma de muestras de sangre y orina.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes, molestias y beneficios derivados de mi participación en el estudio, que son los siguientes:

1. Riesgos inherentes a la punción de toma de muestras venosas como flebitis, hematomas, celulitis y excepcionalmente infección.
2. Inconvenientes: Dolor producido por la punción venosa, y ocasionalmente se puede llegar a requerir más de una punción para la toma de muestra.
3. Beneficios: Monitoreo estrecho de la función renal.
4. En caso de sufrir algún daño causado por la investigación, el paciente será indemnizado y los gastos serán cubiertos con el presupuesto de la investigación.

El investigador responsable se ha comprometido a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención médica que recibo en el hospital.

El investigador responsable tomará las medidas necesarias para que yo o mi familiar no seamos identificados en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial. Asimismo, se me ha informado que las muestras obtenidas no serán almacenadas ni usadas para otros estudios genéticos ni de ningún otro tipo. Las muestras serán destruidas después de medir los marcadores del estudio.

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, Sr/Sra \_\_\_\_\_ doy mi consentimiento para que me sea realizado un

**PARTICIPACIÓN EN EL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA**

Se me ha facilitado esta hoja informativa, habiendo comprendido el significado del estudio y los riesgos inherentes al mismo y declaro estar debidamente informado, habiendo tenido oportunidad de aclarar mis dudas en entrevista personal con el Dr. \_\_\_\_\_.

Así mismo, he recibido respuesta a todas mis preguntas, habiendo tomado la decisión de manera libre y voluntaria.

México DF a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**PACIENTE**

**TESTIGO**

Nombre \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

**REPRESENTANTE LEGAL**

**MEDICO**

Nombre \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

**DENEGACION/REVOCACION**

Yo, Sr./Sra \_\_\_\_\_ después de haber sido informado/a de la naturaleza y riesgos del procedimiento propuesto, manifiesto de forma libre y consciente mi denegación / revocación para su realización, haciéndome responsable de las consecuencias que puedan derivarse de esta decisión.

México DF a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**PACIENTE**

**TESTIGO**

Nombre \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

**REPRESENTANTE LEGAL**

**MEDICO**

Nombre \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_